

УДК 004.942

## **АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ГРАФИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ МЧС РОССИИ**

**Г.Л. Шидловский, кандидат технических наук, доцент;**

**Б.С. Лимонов, кандидат технических наук, доцент;**

**А.В. Вострых.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Современное специализированное программное обеспечение должно соответствовать человеко-ориентированным принципам построения как визуальной составляющей интерфейсов, так и логики взаимодействия с системами. В настоящей статье разработан алгоритм оценки графической архитектуры специализированных программных продуктов, используемых в системе МЧС России.

*Ключевые слова:* графический пользовательский интерфейс, параметрическая карта, алгоритм Превитта, графическая архитектура

## **ALGORITHM FOR ASSESSING THE GRAPHIC ARCHITECTURE OF SPECIALIZED SOFTWARE USED IN UNITS OF EMERCOM OF RUSSIA**

G.L. Shidlovsky; B.S. Limonov; A.V. Vostrykh.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Modern specialized software must comply with human-oriented principles building both the visual component of interfaces and the logic of interaction with systems. In this article, an algorithm for evaluating the graphic architecture of specialized software products used in the EMERCOM of Russia.

*Keywords:* graphical user interface, parametric map, Previtt algorithm, graphical architecture

За последние десятилетия крупные аварии и катастрофы оказывают значительное влияние на развитие общества и государства в целом [1]. С целью их предотвращения и минимизации последствий на постоянной основе функционируют специализированные подразделения, оснащенные современным программным обеспечением (ПО), внедряются новые методы мониторинга, предупреждения и реагирования для решения задач, связанных с чрезвычайными ситуациями (ЧС) и происшествиями различного характера [2–5]. В этой многогранной деятельности структуры МЧС России информационная вооруженность имеет одно из первостепенных значений.

Существующее специализированное ПО играет одну из главных ролей в повседневной работе сотрудников МЧС России. Для выполнения своих функциональных обязанностей специалисты должны иметь в своём распоряжении необходимый спектр программных опций и специализированный инструментарий, который в совокупности с грамотно спроектированной стратегией взаимодействия с системой на основе качественного человеко-ориентированного интерфейса должен обеспечить высокую скорость работы оператора в программе с минимальным количеством ошибок.

Одной из основных составляющих принципа человеко-ориентированного проектирования графических пользовательских интерфейсов (ГПИ) является

качественная проработка графической архитектуры ГПИ. Возможность проводить оценку качества графической архитектуры специализированных программ, используемых специалистами МЧС России, позволит сравнивать существующие на рынке ПО программы и выбирать лучшие для повышения как результатов работы сотрудников, так и личной субъективной удовлетворённости от взаимодействия с программой.

Предложенный алгоритм оценки графической архитектуры основной формы ГПИ состоит из двух отдельных направлений:

- оценка сложности визуального восприятия ГПИ;
- оценка гармоничности цветовой схемы ГПИ.

Оба подхода основаны на анализе прямоугольных областей основной формы ГПИ, полученных в ходе разбиения этой формы. Каждая из полученных областей анализируется индивидуально в соответствии с заданными критериями, получая по итогу числовую оценку. Совокупность таких оценок образует параметрическую карту, которая подвергается обработке на перепады оценочных результатов.

Одной из составляющих оценки сложности визуального восприятия ГПИ является оценка контрастности выделенных областей. На основе многочисленных исследований [6] известно, что наиболее контрастные объекты или их совокупность подсознательно заставляют пользователей обращать на них внимание. Так как область внимания человека ограничена [7], необходимо оценить отношение функциональной важности выделенных элементов к степени поглощения внимания пользователями, а также их расположение на графической архитектуре. Также рассредоточение элементов ГПИ, в наибольшей степени поглощающих внимание, является прямой предпосылкой для возникновения многозадачности [6], что снижает работоспособность и производительность сотрудников МЧС России. Использование принципов и законов гештальт психологии [7] в оценке ГПИ позволит свести к минимуму разрозненность локуса внимания пользователя и снизить вероятность появления многозадачности. Так, с помощью параметрической карты контрастности графической архитектуры ГПИ возможна оценка когнитивной и визуальной нагрузок на пользователей, а также оценка оптимальности расположения функциональных элементов относительно принципов гештальт психологии.

Действие алгоритма оценки сложности визуального восприятия ГПИ состоит из следующих шагов:

1. Построение множества областей по границам изменения яркости, контрастности, преобладающего тона и резкости (выделение границ графических элементов основной формы ГПИ).
2. Минимизация количества полученных областей в соответствии с заданными критериями.
3. Выделение подмножеств низкой и высокой контрастности с помощью алгоритмов кластеризации.

Графическую архитектуру как единое целое можно оценить по следующим показателям: яркость, контрастность, доминирующий тон и резкость. Исходными данными будут характеристики монитора, параметры внешнего освещения и фона. Для анализа выберем цветовую модель RGB.

Общая яркость определяется суммой яркости излучения и яркость отражения [8]. Яркость излучения  $L_v$  определяется следующей формулой:

$$L_v = \frac{\Phi_v}{\sigma \cdot \cos \varphi \cdot \omega},$$

где  $\Phi_v$  – световой поток, переносимый пучком лучей, проходящим через данную точку и распространяющимся в телесном угле  $\omega$ , содержащем данное направление;  $\sigma$  – площадь

сечения данного пучка;  $\varphi$  – угол между нормалью к данному сечению и направлением пучка лучей.

Яркость отражения  $L_o$  определяется следующей формулой [8]:

$$L_o = \frac{E * \rho}{\pi},$$

где  $E$  – внешняя освещённость;  $\rho$  – коэффициент отражения экрана.

Яркость изображения можно выразить как среднюю яркость всех пикселей, определяемую формулой [9]:

$$L = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N R_p + G_p + B_p,$$

где  $L$  – физическая яркость изображения;  $N$  – общее число пикселей, содержащихся в изображении.

Так как чувствительность человеческого глаза неодинакова к разным частям спектра (максимальная в жёлто-зелёной, минимальная в синей), яркость цветного пикселя будет восприниматься субъективно, в зависимости от его тональных характеристик.

В соответствии с рекомендациями стандарта Федеральной комиссии связи [10], видимая яркость изображения  $Y_s$  вычисляется по следующей формуле:

$$L_s = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N 0,2126R_p + 0,7152G_p + 0,0722B_p.$$

Оператор построения параметрической карты основной формы ГПИ, характеризуемый яркостью изображения  $L_s$  в пределах этой формы  $S_{ge}$ :

$$\theta_{\zeta(M_{df})} = [l_{s_{ij}}] \equiv \langle x_{ij}, y_{ij}, l_{ij} \rangle.$$

Оценка физической и видимой яркостей изображения являются абсолютными величинами. Переход к относительным величинам осуществляется с помощью формулы:

$$L_{rel} = \frac{L}{L_{max}},$$

где  $L_{max}$  – максимально возможное значение яркости.

Контраст изображения определяется как отношение яркости некоторого элемента изображения к яркости рядом расположенного фона:

$$C = \frac{L_{\text{экp}} - L_{\text{ф}}}{L_{\text{ф}}}.$$

Контрастность изображения бывает яркостная и тоновая [9]. Критерием оценки яркостной контрастности будет дисперсия яркости пикселей изображения, так как у контрастного изображения количество тёмных и светлых пикселей должно быть приблизительно одинаковым, разница в их яркости – значительна, а основное место сосредоточения пикселей – возле границ диапазона:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N (L_p - L)^2.$$

Оценить тоновую контрастность можно с помощью вычисления среднего расстояния в RGB кубе между пикселями и «средним тоном»:

$$d = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N d_p,$$

где  $d_p$  – расстояние в RGB-кубе между пикселями изображения и «средним тоном»:

$$d_p = \sqrt{(R_p - R)^2 + (G_p - G)^2 + (B_p - B)^2}.$$

Максимальную тоновую контрастность будут иметь пиксели, расположенные на наибольшем расстоянии:

$$d_{\max} = \sqrt{3} * R_{\max} = \sqrt{3} * G_{\max} = \sqrt{3} * B_{\max},$$

где  $R_{\max}$ ,  $G_{\max}$ ,  $B_{\max}$  – длины ребер RGB-куба.

Оценка доминирующего тона выражается средним значением тоновой насыщенности для всех пикселей:

$$h = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N h_p,$$

где  $h_p$  – тоновая насыщенность пикселя. В RGB-кубе тоновую насыщенность можно выразить как расстояние до диагонали ахроматических цветов:

$$h_p = \sqrt{R_p^2 + G_p^2 + B_p^2 - \frac{(R_p + G_p + B_p)^2}{3}}.$$

Оценка резкости изображения с точки зрения человеческого восприятия является оценкой контура контрастного перехода между двумя соседними частями изображения. Для проведения оценки резкости цветной графической архитектуры ГПИ можно использовать расстояние в RGB-кубе между цветами пикселей:

$$\Delta d_{ij} = \sqrt{(R_{i+1} - R_i)^2 + (G_{i+1} - G_i)^2 + (B_{i+1} - B_i)^2}.$$

Поскольку критерии оценки резкости связаны с локальными участками изображения, общая оценка резкости по этим критериям будет зависеть от изображения. В качестве оценки резкости всего изображения можно применить средние значения длины и уклона участка для всех переходных участков. Уклон участка  $k$  будет вычисляться через расстояния между цветами пикселей в RGB-кубе:

$$k = \frac{1}{m} \sum_{i,j=1}^m \delta_{ij}.$$

где  $m$  – длина (количество элементов матрицы контрастов).

Выделить контуры изображения можно с помощью различных алгоритмов: Робертса, Собеля и Превитта. В настоящей работе выбран алгоритм Превитта, который, как и алгоритмы Робертса и Собеля основывается на разрывности (базовое свойство сигнала яркости) и является в настоящее время самым востребованным [11]. Алгоритм Превитта использует для поиска разрывов пространственную фильтрацию, то есть «скользящие маски» (квадратные матрицы, соответствующие указанной группе пикселей исходного изображения). Выбранный алгоритм, оперирует с областью изображения  $3 \times 3$ .

Использование маски задается выражениями:

$$G_x = (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3);$$

$$G_y = (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7).$$

В этих формулах разность между суммами по верхней и нижней строкам окрестности  $3 \times 3$  является приближенным значением производной по оси  $x$ , а разность между суммами по первому и последнему столбцам этой окрестности – производной по оси  $y$ . Для реализации этих формул используется оператор, описываемый двумя масками  $3 \times 3$ :

$$T_i = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ и } T_j = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}.$$

Преимущество алгоритма Превитта над Собеля в более высокой производительности и точности выделения краёв. По сравнению с алгоритмом Робертса, использующего маски размером 2x2, (которые не удобны в силу отсутствия четко выраженного центрального элемента), алгоритм Превитта использует маски 3x3, благодаря которым получает более точный результат [11].

В результате применения алгоритма Превитта происходит выделение контрастных переходов, исходное изображение графических элементов основной формы ГПИ преобразуется в бинарное. Так как интерфейсы имеют сравнительно простую графическую для идентификации контуров полученную битовую карту, применим метод «наращивания областей» [11], который основан на использовании локальных признаков изображения.

Оператор преобразования многоцветного изображения в бинарное с заданным пределом контрастности  $\varepsilon_k$ :

$$\theta_{\check{G} \rightarrow \check{G}'}(\check{G}, \varepsilon_k).$$

Оператор, строящий множество контрастных контуров  $Cir$  по полученному бинарному изображению  $\theta_{\check{G} \rightarrow \check{G}'}$  согласно минимальной площади элемента или компонента  $\varepsilon_s$ :

$$\theta_{\check{G}'(Cir)}(\check{G}', \varepsilon_s) \equiv \{Cir_i | \forall j, Cir_i \cap Cir_j \in \emptyset; Cir > \varepsilon_s\}.$$

Перейдём к последнему шагу – проведению кластеризации с выделением подмножеств низкой и высокой контрастности. Методом кластеризации выберем совместное использование алгоритма FOREL (от англ. FORmal ELeMent), основанного на идее объединения в один кластер объектов в областях их наибольшего сгущения, и надстройки в виде «Кратчайшего незамкнутого пути» [12, 13].

Оператор кластеризации относит форму  $S_{ge}$  к соответствующему кластеру  $k_i$ :

$$\theta_{S_{ge} \rightarrow k}(S_{ge}, M_{df}) \equiv \{(S_{ge}, k) | S_{ge} \in \{C\}, k_i \in N^*\}$$

$$\begin{cases} \{S_{ge}\} \rightarrow \bigcup_{i=1}^N k_i \\ k_i = \{S_{ge}\}_{k_i} \\ i \neq j: k_i \cap k_j \in \emptyset \end{cases}.$$

Построения множества высококонтрастных областей осуществляются с помощью оператора, в соответствии с заданным критерием высокой контрастности  $\varepsilon_k^H$ :

$$\theta_{S_{ge}}^{Ht}(\{C\}, M_{df}) \equiv \{S_{ge} | S_{ge} \in \{C\}, i \neq j: S_{ge_i} \cap S_{ge_j} \in \emptyset, \theta_{\check{G}'(Cir)}(L_c, S_{ge}) \geq \varepsilon_k^H\}.$$

Построения множества высококонтрастных областей осуществляются с помощью операторов, в соответствии с заданным критерием низкой контрастности  $\varepsilon_k^L$ :

$$\theta_{S_{ge}}^{Lw}(\{C\}, M_{df}) \equiv \{S_{ge} | S_{ge} \in \{C\}, i \neq j: S_{ge_i} \cap S_{ge_j} \in \emptyset, \theta_{\check{G}'(Cir)}(L_c, S_{ge}) \leq \varepsilon_k^L\}.$$

Оценка цветового решения основной формы ГПИ состоит из исследований используемой палитры цветов на сочетаемость, («гармоничность»), соответствие разработанным моделям пользователей, соответствие функциональному предназначению и отклонение цветового решения от заданного эталона.

Разработанный алгоритм оценки цветового наполнения ГПИ учитывает «эффект стереохроматизма» [6]. Примером данного эффекта является размещение рядом красного и синего цвета или красного и зеленого. Подобные комбинации при считывании информации пользователями воспринимаются с трудом. Эффект стереохроматизма способствует возрастанию как когнитивной и визуальной нагрузки, так и повышению вероятности появления ошибок в работе пользователей. Также необходимо учитывать цветовые предпочтения целевых аудиторий. Проведённые исследования [6] показали, что существуют различия в цветовых предпочтениях мужчин и женщин. Цветовые предпочтения женщин имеют следующие показатели («самых востребованных цветов»): 35 % – предпочитают синий цвет, 23 % – фиолетовый и 14 % – зеленый. Негативное впечатление оказывают следующие цвета: оранжевый – 33 %, коричневый – 20 %, серый – 17 %.

В предпочтениях мужчин выявлена следующая статистика: синий предпочитают 50 %, черный – 15 %, зеленый – 13 %, из «отрицательных» цветов представители мужского пола выделили следующую «иерархию неприязни» 27 % – коричневый, 22 % – фиолетовый и оранжевый. Соотношения предпочтений цветов и их функциональные ассоциации представлены в таблице.

Таблица. Влияние пола на предпочитаемые цветовые схемы

Цвет	Предпочтения мужского пола		Предпочтения женского пола		Возможность использования в ГПИ	Ассоциации с функциональностью
	+%	-%	+%	-%		
Красный	7 %	2 %	9 %	1 %	0,13	Опасность, ошибка
Оранжевый	5 %	22 %	4 %	33 %	-0,46	Призыв к действию
Желтый	1 %	13 %	3 %	13 %	-0,22	Предупреждение
Зелёный	13 %	3 %	14 %	4 %	0,2	Безопасность
Синий	50 %	1 %	35 %	1 %	0,83	Обязательные условия
Фиолетовый	1 %	22 %	23 %	5 %	-0,03	Нейтральное событие
Чёрный	15 %	1 %	6 %	1 %	0,19	Нейтральное событие
Коричневый	2 %	27 %	3 %	20 %	-0,42	Нейтральное событие
Серый	3 %	4 %	1 %	17 %	-0,17	Нейтральное событие
Белый	2 %	4 %	1 %	3 %	-0,04	Нейтральное событие

При проектировании и оценке ГПИ необходимо учитывать данные статистических показателей, так как от этого будет зависеть параметр субъективной удовлетворённости, который непосредственно влияет на такие характеристики, как скорость работы и количество ошибок, а также внутреннее психологическое равновесие и удовлетворённость трудом [14]. Так разработанные модели пользователей специалистов МЧС России [15] свидетельствуют о том, что, например, операторами системы-112 преимущественно являются женщины, следовательно, в ГПИ должны быть исключены оранжевые и жёлтые цвета в фоне программы или рабочей области. Для сотрудников Центра управления в кризисных ситуациях, где преобладают мужчины, следует сделать преобладающий тон ГПИ – светло синего. Также эти цвета имеют наименьшее негативное влияние из соотношений, проголосовавших за и против данных цветов.

Также необходимо учитывать ассоциативное восприятие цвета (например, красный означает сигнал опасности, зелёный – безопасность). Цвет должен соответствовать принятым в целевой аудитории стереотипам. Так, например, синий и его тёмные оттенки подходят для реализации фона и рабочей области ГПИ. Этот цвет ассоциируется с чувством доверия и спокойствия [6]. Желтый цвет используется в предупреждающих знаках, так как цвет стимулирует возбуждение центральной части мозга и повышает эмоциональность. Иногда желтый может вызывать чувство тревоги, поэтому его необходимо использовать в малом количестве. Зеленый идеально подходит для оформления, он ассоциируется с природой, чистой экологией и окружающей средой, рекомендуется использовать его, чтобы вызвать

у пользователей ассоциацию с чистотой и легкостью. Самыми распространенными цветами для призыва к действию являются: красный, зеленый, оранжевый, желтый [6].

При выборе цветовой схемы и акцентных цветов необходимо помнить о психологии цвета, которая тесно связана с памятью и опытом [6]. Таким образом, выбор цветовой схемы ГПИ должен основываться на общепринятых функциональных предназначениях цветов, а не из субъективных соображений красоты и эстетики. Необходимо контролировать количество используемых цветов в ГПИ, так из исследований [6] следует, что использование более четырех–пяти различных цветов снижает эффективность работы пользователя. Цвет должен давать оптимальный цветовой контраст в отношениях: элемент сигнал – фон. Оценка форм ГПИ с помощью параметрической карты (заданной матрицей [Цвет → Ассоциации с функциональностью]) демонстрирует соответствие графического элемента заданному функциональному назначению.

Алгоритм оценки цветовой схемы решает следующие задачи:

- определение числа цветов (использованной палитры);
- оценка эффективности цветовой схемы;
- анализ гармоничности цветовой схемы и её соответствие модели пользователя;
- кластеризация по критерию соответствия цвета элемента или компонента ГПИ к его функциональному предназначению.

Оператор построения множества цветов основной формы ГПИ:

$$\theta_{\check{G} \rightarrow [l_{ij}]}(\check{G}) \equiv \{[l_{s_{ij}}] \mid l_{s_i} \in \check{G}(R) \vee l_{s_i} \in \check{G}(G) \vee l_{s_i} \in \check{G}(B)\}.$$

Оператор присвоения веса цвету в основной форме ГПИ:

$$\theta_{l_s}^{\varepsilon_l}(\check{G}) \equiv (l_{s_{ij}}, \check{G}) \equiv \varepsilon_l \in \{\{\varepsilon\} \mid \varepsilon \in N^*\}.$$

Оператор выбора цветов с наибольшим весом:

$$\theta_{l_s}^{\varepsilon_l}(\check{G}, l_{s_i}) \equiv \{l_{s_j} \in \theta_{\check{G} \rightarrow [l_{ij}]}(\check{G}) : \theta_{l_s}^{\varepsilon_l}(\check{G}) > \varepsilon_l\}.$$

Оператор оценки гармоничности цветовой схемы основан на сравнении четырех цветов попарно, так как анализируемая область представляется в виде прямоугольника, существует необходимость сравнения в предельном количестве (четырёх сторон) с аналогичными областями:

$$\theta_{l_s}^{\text{opt}}(l_{s_i}^{\text{main}}, l_{s_i}^{\text{ap}}, l_{s_i}^{\text{dow}}, l_{s_i}^{\text{rig}}, l_{s_i}^{\text{lef}}) \equiv \begin{cases} (l_{s_i}^{\text{main}}, l_{s_i}^{\text{ap}}) \equiv r^{\text{ap}} \in [0,1] \\ (l_{s_i}^{\text{main}}, l_{s_i}^{\text{dow}}) \equiv r^{\text{dow}} \in [0,1] \\ (l_{s_i}^{\text{main}}, l_{s_i}^{\text{rig}}) \equiv r^{\text{rig}} \in [0,1] \\ (l_{s_i}^{\text{main}}, l_{s_i}^{\text{lef}}) \equiv r^{\text{lef}} \in [0,1] \end{cases}.$$

Отображение цветовой палитры ГПИ на «функциональные области» каждого элемента и компонента произведём с помощью оператора:

$$\theta_{l_f}^{l_s}(S_{ge}, C) \equiv \{l_{s_i} \rightarrow l_{f_i} \mid \{l_{s_i}\} \subset \{l_{s_{f_i}}\} \& \{l_{s_{f_i}}\} \subset \{l_{s_i}\}\}.$$

Определение использованной палитры цветов в графической архитектуре ГПИ произведём с помощью метода кластеризации цветов на изображении [11]. Идея метода состоит в том, чтобы минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров. На первом этапе выбираются случайные центры масс кластеров (начальные точки), затем вычисляется принадлежность каждого находящегося в ГПИ элемента к тому или иному центру. Далее происходит несколько итераций алгоритма,

на каждой из которых производится перерасчёт центров масс, пока алгоритм не сойдётся. Результатом алгоритма станет множество кластеров определённых цветов (рис. 1).

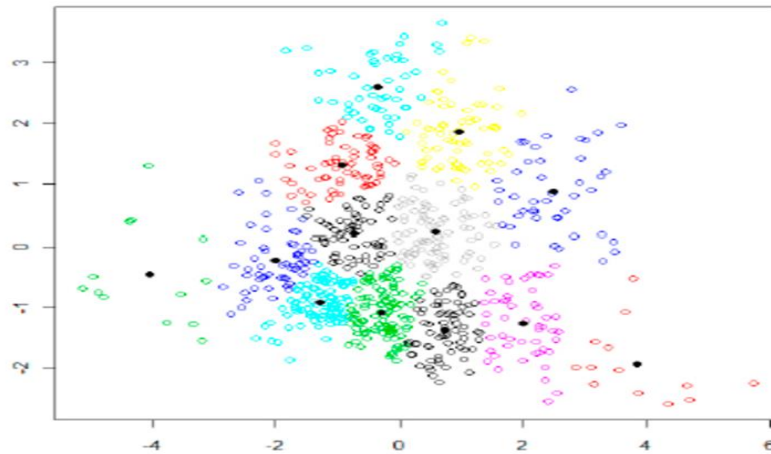


Рис. 1. Результат работы алгоритма кластеризации

Кластеризацию соответствия цвета элемента или компонента ГПИ к его функциональному предназначению произведём с помощью оператора:

$$\theta_{\{Kom\} \rightarrow (S_{ge}, l_f)}^{l_s}(\{S_{ge}\}, M_{df}) \equiv \{\{l_{s_i}(S_{ge})\} \rightarrow \{l_{f_i}(S_{ge})\} | \{l_{s_i}\} \subset \{S_{ge}\} \& \{l_{f_i}\} \subset \{S_{ge}\}, \theta_{l_f}^{l_s}(S_{ge}, C)\}.$$

Общая схема работы алгоритма оценки графической архитектуры основной формы ГПИ представлена на рис. 2.

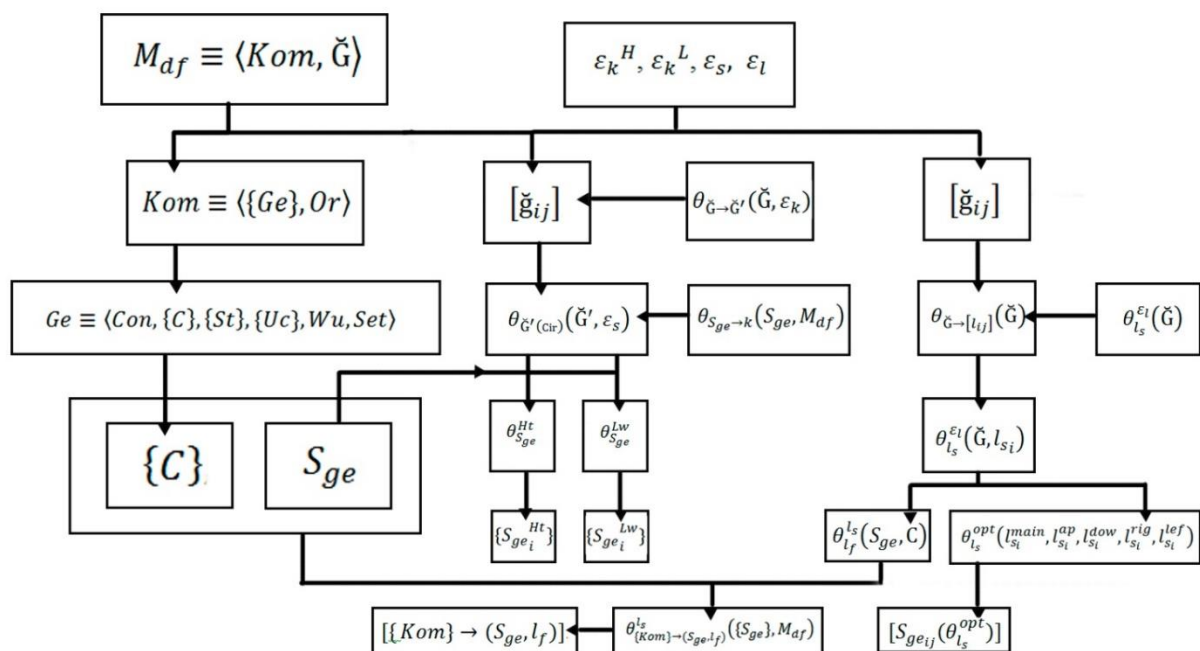


Рис. 2. Схема оценки графической архитектуры основной формы ГПИ

Результатом работы алгоритма станут области высокой  $\{S_{ge}_i^{Ht}\}$  и низкой  $\{S_{ge}_i^{Lw}\}$  контрастности, параметрическая карта гармоничности используемой палитры  $[S_{ge_ij}(\theta_{l_s}^{opt})]$ , параметрическая карта соответствия функциональности и цвета области  $[\{Kom\} \rightarrow (S_{ge}, l_f)]$ .



Разработанный алгоритм позволяет проводить оценку качества проектирования графической архитектуры специализированных программных продуктов, используемых в системе МЧС России, по таким показателям, как скорость работы, субъективная удовлетворённость, когнитивная и визуальная нагрузка, скорость обучения навыкам оперирования интерфейсом и степень сохранения навыков взаимодействия. Результаты оценок данных показателей позволяют выбирать из множества существующего программного обеспечения наиболее подходящее для специфичной работы сотрудников МЧС России.

### Литература

1. Производственная и пожарная автоматика. Технические средства автоматической пожарной сигнализации / В.В. Кутузов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2014. 284 с.
2. О национальной стратегии развития искусственного интеллекта: Указ Президента Рос. Федерации от 10 окт. 2019 г. № 490. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
3. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 гг.: Указ Президента Рос. Федерации от 9 мая 2017 г. № 203. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
4. Цифровая экономика Российской Федерации: Национальная программа (утв. протоколом заседания президиума Совета при Президенте Рос. Федерации от 4 июня 2019 г. № 7). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
5. О плане мероприятий на 2018–2024 годы (I этап) по реализации МЧС России Основ государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года: приказ МЧС России от 22 окт. 2018 г. № 467. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
6. Уэйншенк С. 100 главных принципов дизайна. Как удержать внимание. СПб.: Изд-во «Питер», 2011 С. 272.
7. Пешкова Т.А. Теории научения. Формирование поведения человека: пер. с англ. М.: Прайм-ЕВРОЗНАК, 2003. С. 133–288.
8. ГОСТ Р 52870–2007. Средства отображения информации коллективного пользования. Требования к визуальному отображению информации и способы измерения. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. Иофис Е.А. Синтез цвета // Фотокинетика: Энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1981. 447с.
10. Viola P., Jones M. J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. Kauai, Hawaii, USA, 2001. Vol. 1. P. 511–518.
11. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М: Техносфера, 2005. С. 1007.
12. Буйневич М.В., Вострых А.В., Шуракова Д.Г. Двухуровневая кластеризация субоптимальных зон прикрытия города Кострома подразделениями МЧС России при возникновении происшествий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 2. С. 121–127.
13. Вострых А.В., Шуракова Д.Г. Компоненты специальной информационной технологии построения оптимальных маршрутов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО-2018). 2018. Т. 2. С. 213–218.
14. Терёхин С.Н., Вострых А.В., Семёнов А.В. Оценка ГПИ посредством алгоритма поиска последовательных шаблонов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 2. С. 95–103.
15. Николаев Д.В., Вострых А.В., Проценко Т.В. Оценка специализированных программ расчёта безопасности потенциально опасных объектов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 2. С. 11–17.

## References

1. Proizvodstvennaya i pozharnaya avtomatika. Tekhnicheskie sredstva avtomaticheskoy pozharnoy signalizacii / V.V. Kutuzov [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2014. 284 s.
2. O nacional'noj strategii razvitiya iskusstvennogo intellekta: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 10 okt. 2019 g. № 490. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
3. O Strategii razvitiya informacionnogo obshchestva v Rossijskoj Federacii na 2017–2030 gg.: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 9 maya 2017 g. № 203. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
4. Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii: Nacional'naya programma (utv. protokolom zasedaniya prezidiuma Soveta pri Prezidente Ros. Federacii ot 4 iyunya 2019 g. № 7). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
5. O plane meropriyatij na 2018–2024 gody (I etap) po realizacii MCHS Rossii Osnov gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti zashchity naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij na period do 2030 goda: prikaz MCHS Rossii ot 22 okt. 2018 g. № 467. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
6. Uejnshenk S. 100 glavnyh principov dizajna. Kak uderzhat' vnimanie. SPb.: Izd-vo «Piter», 2011 S. 272.
7. Peshkova T.A. Teorii naucheniya. Formirovanie povedeniya cheloveka: per. s angl. M.: Prajm-EVROZNAK, 2003. S. 133–288.
8. GOST R 52870–2007. Sredstva otobrazheniya informacii kollektivnogo pol'zovaniya. Trebovaniya k vizual'nomu otobrazheniyu informacii i sposoby izmereniya. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
9. Iofis E.A. Sintez cveta // Fotokinotekhnika: Enciklopediya. M.: Sovetskaya enciklopediya, 1981. 447s.
10. Viola P., Jones M. J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. Kauai, Hawaii, USA, 2001. Vol. 1. P. 511–518.
11. Gonsales R., Vuds R. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij. M: Tekhnosfera, 2005. S. 1007.
12. Bujnevich M.V., Vostryh A.V., Shurakova D.G. Dvuhurovnevaya klasterizaciya suboptimal'nyh zon prikrytiya goroda Kostroma podrazdeleniyami MCHS Rossii pri vozniknovenii proisshestvij // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 2. S. 121–127.
13. Vostryh A.V., Shurakova D.G. Komponenty special'noj informacionnoj tekhnologii postroeniya optimal'nyh marshrutov // Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii (APINO-2018). 2018. T. 2. S. 213–218.
14. Teryohin S.N., Vostryh A.V., Semyonov A.V. Ocenka GPI posredstvami algoritma poiska posledovatel'nyh shablonov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 2. S. 95–103.
15. Nikolaev D.V., Vostryh A.V., Procenko T.V. Ocenka specializirovannyh programm raschyota bezopasnosti potencial'no opasnyh ob"ektov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2020. № 2. S. 11–17.